

**CLASIFICACION DE LA FRACCION FINA DE MATERIALES  
PROVENIENTES DEL RIO GUAYURIBA EN LA CIUDAD DE  
VILLAVICENCIO – META, A PARTIR DE SU VALOR DE AZUL DE  
METILENO Y SU RELACIÓN CON LA CLASIFICACIÓN POR EL SISTEMA  
UNIFICADO Y SISTEMA AASHTO.**

**YENLY GISELLE HERRERA ALVAREZ**

**MARÍA ANGÉLICA MEJÍA NIÑO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS**

**BOGOTÁ D.C – 2016**

**CLASIFICACION DE LA FRACCION FINA DE MATERIALES  
PROVENIENTES DEL RIO GUAYURIBA EN LA CIUDAD DE  
VILLAVICENCIO – META, A PARTIR DE SU VALOR DE AZUL DE  
METILENO Y SU RELACIÓN CON LA CLASIFICACIÓN POR EL SISTEMA  
UNIFICADO Y SISTEMA AASHTO.**

**YENLY GISELLE HERRERA ALVAREZ**

**MARÍA ANGÉLICA MEJÍA NIÑO**

**Trabajo de grado para obtener el título de especialista en Ingeniería de Pavimentos**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS**

**BOGOTÁ D.C – 2016**



## Atribución 2.5 Colombia (CC BY 2.5 CO)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#).

[Advertencia](#)



### Usted es libre para:



**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

**Adaptar** — remezclar, transformar y crear a partir del material

Para cualquier propósito, incluso comercialmente

El licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe darle crédito a esta obra de manera adecuada, proporcionando un enlace a la licencia, e indicando si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciente.

**No hay restricciones adicionales** — Usted no puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros hacer cualquier uso permitido por la licencia.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO .....</b>	<b>10</b>
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.2.1 PROBLEMA A RESOLVER. ....	10
1.2.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA A RESOLVER.....	10
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	11
1.4 OBJETIVOS .....	11
1.4.1 Objetivo General.....	11
1.4.2 Objetivos específicos.....	12
<b>2 MARCOS DE REFERENCIA .....</b>	<b>13</b>
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	15
2.1.2 Clasificación de Suelos AASHTO. ....	15
2.1.3 Clasificación de Suelos SUCS.....	16
2.2 MARCO LEGAL / NORMATIVO .....	18
2.2.1 Normas Instituto Nacional de Vías. ....	18
2.2.2 Especificaciones Técnicas Instituto Nacional de Vías INVIAS.....	18
2.3 MARCO GEOGRAFICO .....	21
2.3.1 Ubicación del proyecto.....	21
2.3.2 Ubicación de Canteras.....	23
<b>3 METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
3.1 SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE MATERIALES .....	28
3.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, REALIZACIÓN DE ENSAYOS Y CARACTERIZACIÓN ..	29
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
4.1 RESULTADOS DE LABORATORIO .....	30
4.2 GRANULOMETRÍA.....	31
4.3 CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	36
<b>5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>39</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA PLANTA MURCIA & MURCIA S.A.....	23
FIGURA 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA PLANTA GRAVICON S.A. ....	24
<b>FIGURA 3 FUENTE DE MATERIAL PLANTA MURCIA &amp;MURCIA.....</b>	<b>28</b>
FIGURA 4 FUENTE DE MATERIAL PLANTA GRAVICON S.A. ....	28
FIGURA 5 GRADACIÓN DE SUB-BASE FUENTE DE MATERIAL N°1- MUESTRA 1.....	31
FIGURA 6 GRADACIÓN DE SUB-BASE FUENTE DE MATERIAL N°1- MUESTRA 3.....	32
FIGURA 7 GRADACIÓN DE SUB-BASE FUENTE DE MATERIAL N°1- MUESTRA 4.....	32
FIGURA 8 GRADACIÓN DE SUB-BASE FUENTE DE MATERIAL N°2- MUESTRA 1.....	33
FIGURA 9 GRADACIÓN DE SUB-BASE FUENTE DE MATERIAL N°2- MUESTRA 2.....	33
FIGURA 10 GRADACIÓN DE SUB-BASE FUENTE DE MATERIAL N°2- MUESTRA 3.....	34
FIGURA 11 GRADACIÓN DE SUB-BASE FUENTE DE MATERIAL N°2- MUESTRA 4.....	34
FIGURA 12 RESULTADOS DEL ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA.....	35
FIGURA 13 RESULTADOS DEL ENSAYO AZUL DE METILENO .....	35

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO AASHTO. ....	16
TABLA 2 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN U.S.C.S. – GRANO GRUESO.....	17
TABLA 3 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN U.S.C.S. – GRANO FINO .....	18
TABLA 4 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA I.N.V. E-213-13.....	19
TABLA 5 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA I.N.V. E-123 - 13. ....	19
TABLA 6 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA I.N.V. E-214 -13 .....	19
TABLA 7 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA I.N.V. E-125.....	20
TABLA 8 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA I.N.V. E-126.....	20
TABLA 9 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA I.N.V. E-133 - 13.....	21
TABLA 10 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA I.N.V. E-235 - 13.....	21
TABLA 11 COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA .....	22
TABLA 12 RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LAS DIFERENTES FUENTES DE MATERIAL. ....	30

## RESUMEN

Esta investigación está enfocada en la clasificación de las partículas finas del material de arrastre del Río Guayuriba, empleado como material de subbase en la conformación de las estructuras de pavimento. Para llevar a cabo esta investigación se tomaron muestras de las plantas de Murcia & Murcia S. A. y Gravicon S. A. ubicadas en la ciudad de Villavicencio, una vez obtenidas las muestras del material se procede a realizar los respectivos ensayos de granulometría, ensayos de características de limpieza, incluido el ensayo de equivalente de arena y azul de metileno.

En las entregas parciales de los resultados de estos ensayos como los límites de consistencia se obtuvo un material no plástico por lo cual se esperaba en el análisis granulométrico un volumen de pasa tamiz No. 200 poco significativo, por lo cual no fue posible llegar a determinar la clasificación de la fracción fina, no se contaba con el peso requerido por la especificación y por lo que indican los resultados de los límites de consistencia que es material no plástico.

Por lo expuesto anteriormente no se cuenta con la clasificación de la fracción fina para correlacionar los resultados con el valor de azul de metileno obtenido, creando la necesidad de evaluar el material desde su composición química, con la realización de ensayos de petrografía. A partir de esto, se encontró que la composición interna tiene características que lo hacen potencialmente reactivo o dañino, como es el caso de los cherts, limolitas silíceas, cuarcitas, metareniscas, cataclasitas, cuarzo ondulado y cuarzo policristalino.

Palabras clave: Río Guayuriba, clasificación fracción fina, azul de metileno, porcentaje de finos, equivalente de arena.

## ABSTRACT

This research is focused on the classification of fine particles of the Guayuriba River trawling material, used as subbase material in the conformation of the pavement structures. In order to carry out this investigation, samples were taken from the Murcia & Murcia SA and Gravicon S. A. plants located in the city of Villavicencio, once the samples of the material were obtained, the respective granulometry tests, Cleaning, including sand equivalent and methylene blue test.

In the partial deliveries of the results of these tests as the limits of consistency a non-plastic material was obtained, which was expected in the sieve analysis a volume of sieve No. 200 little significant, reason why it was not possible to reach to determine The classification of the fine fraction, did not count on the weight required by the specification and so indicate the results of the consistency limits that is non-plastic material.

For the above, the classification of the fine fraction is not available to correlate the results with the obtained methylene blue value, creating the need to evaluate the material from its chemical composition, with the accomplishment of petrography tests.

From this, it was found that the internal composition has characteristics that make it potentially reactive or harmful, such as cherts, siliceous silica, quartzite, metarenite, cataclasite, undulating quartz and polycrystalline quartz.





## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales granulares procedentes de la mina del río Guayuriba en la ciudad de Villavicencio, especialmente sus propiedades físicas a través de los ensayos de análisis granulométrico y características de limpieza se determinarán algunas de sus propiedades básicas correlacionando los resultados con el cumplimiento de las especificaciones generales Del Instituto Nacional De Vías versión 2013.

El desarrollo de la esta investigación permitirá ampliar el conocimiento acerca del comportamiento y su composición mineralógica de los materiales de arrastre del Río Guayuriba basado en los ensayos de equivalente de arena, el valor de azul de metileno y análisis petrográfico, identificando de esta manera la presencia de elementos arcillosos en los materiales finos con el propósito de caracterizar el material y determinar las partículas nocivas que pueden afectar la estructura granular de un pavimento.

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo o ejecución de un proyecto es la clasificación y caracterización de los áridos o agregados que se requieren y/o disponen en el área para trabajar en la conformación de la estructura de un pavimento.

se presentarán los resultados físico-químicos del material proveniente del río Guayuriba, localizado en el sector de Villavicencio en el Departamento del Meta.

# **1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO**

## **1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Como complemento a las asignaturas de la especialización se realiza un trabajo de investigación que nos permitirá obtener el título de especialistas en ingeniería de pavimentos, el cual consiste en presentar las propiedades físico-químicas del material de arrastre del río Guayuriba, el cual es transformado en algunas plantas de la región, para este caso en estudio se tomó el material procedente de las plantas de Murcia Murcia y Gravicon S.A, las cuales están dedicadas a la comercialización de este material para la construcción de vías terrestre, concretos, entre otras utilidades que proporciona esta clase de agregados.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA A RESOLVER.**

Con el fin de analizar la porción fina del material granular, se emplearán los métodos de clasificación conocidos como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification System – U.S.C.S), y AASHTO usados en el país para la clasificación de suelos para pavimentos, teniendo en cuenta el comportamiento en presencia de agua, relacionando por intermedio de límites de consistencia y demás propiedades físicas de los mismos.

Sin embargo, teniendo en cuenta que los materiales con características arcillosas son inestables químicamente, se requiere determinar con claridad si un suelo o material para estructura de pavimento presenta un contenido significativo de materiales arcillosos que puedan expandirse y reaccionar desfavorablemente.

Es por esto que en ocasiones cuando la porción fina de un material es clasificada por medio del sistema unificado aquellos valores que quedan cerca de la Línea A (que define si es limo o arcilla), no se tiene una certeza absoluta con respecto al material y su comportamiento, debido a lo anterior se hace necesario verificar, caracterizar y tipificar la fracción fina del material con el fin de validar mediante otros ensayos como el valor de azul de metileno si el material es potencialmente perjudicial para el conjunto (agregados), o si por el contrario no representa incidencia alguna, adicionalmente con el fin de no dejar como única ventana de aceptación la gradación precisa del material, para utilización de esta en una o varias capas de la estructura de un pavimento.

### **1.2.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA A RESOLVER.**

A pesar de la determinación de diversas características físicas, químicas y mecánicas para determinar el comportamiento del material, aun en el campo de la aplicación de la ingeniería se siguen presentando fallas en las estructuras de pavimentos que comprometen en gran parte a los granulares, adicional a esto se observa que no es suficiente con la aceptación del material según las Especificaciones Técnicas Del Instituto Nacional De Vías versión 2013, es por esta razón que

siguen persistiendo las investigaciones con el fin de especificar para cada área, región o proyecto las características apropiadas a criterio del profesional y de esta manera lograr el mejor desempeño del material granular.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Si bien es cierto que la normatividad de los materiales granulares no garantiza del todo la calidad de los mismos, ni tampoco especifica o puntualiza el área o región del país a trabajar con esas características, se presenta la necesidad de estudiar los materiales más cercanos en un proyecto específico, y para esto se realizan constantemente ensayos de laboratorio sencillos y útiles en el momento de seleccionar o determinar una fuente, sin embargo es evidente la utilización de material de arrastre del Rio Guayuriba en la conformación de pavimentos y de otras obras civiles realizadas en la región.

A partir de esto se crea la necesidad de estudiar el material en sus aspecto físico, químico y mecánico, en nuestro caso particular la fracción fina de los suelos procedentes del Rio Guayuriba, tomando la clasificación del agregado por metodologías AASHTO y USCS para proceder con la caracterización y determinar el porcentaje de arcillas que contiene el agregado fino, y de esta manera tomar factores de seguridad y confiabilidad del uso del agregado pétreo en la composición de las capas granulares y de rodadura de un pavimento, especialmente en la ciudad de Villavicencio y los municipios aledaños que participan en la utilización de esta fuente aluvial para el desarrollo de la infraestructura vial en el Departamento del Meta.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

(Tomado de la línea de Investigación presentada por la Universidad Católica de Colombia).

Comparar entre los resultados obtenidos de la Clasificación de materiales granulares por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), el sistema empleado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y lo establecido en la Norma de Ensayo del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) - INVE 182-13, en la caracterización de la porción fina de los materiales granulares utilizados para la construcción de pavimentos en la ciudad de Villavicencio

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar mediante la aplicación de los ensayos de las normas establecidas por el INVIAS – 2013 las características de limpieza tales como, límites de consistencia (LL, LP, IP), equivalente de arena, azul de metileno y entre otros como gradación y gravedad específica y absorción de agregados finos de los materiales de sub base provenientes de las plantas de Gravicon S.A. y Murcia & Murcia.
- Clasificar la fracción fina de los materiales de sub bases provenientes de las plantas Gravicon S.A. y Murcia & Murcia en el Municipio de Villavicencio, de acuerdo con los métodos de clasificación AASHTO y S.U.C.S.
- Relacionar los resultados obtenidos del ensayo de azul de metileno con las clasificaciones realizadas a las fracciones finas de muestras de los materiales de sub base provenientes de las canteras Gravicon y Murcia & Murcia en el Municipio de Villavicencio, clasificados mediante la aplicación de los métodos AASHTO y S.U.C.S.

## 2 MARCOS DE REFERENCIA

Es vital para el desarrollo del anteproyecto conocer e indagar sobre procedimientos, investigaciones, aplicaciones, nuevas tecnologías y ensayos, que permitan tener la suficiente información acerca de la fracción fina del material de arrastre del Río Guayuriba, es por ello que dentro del marco de referencia de esta investigación se indagarán los siguientes marcos;

- a) Marco conceptual
- b) Marco legal / normativo
- c) Marco geográfico

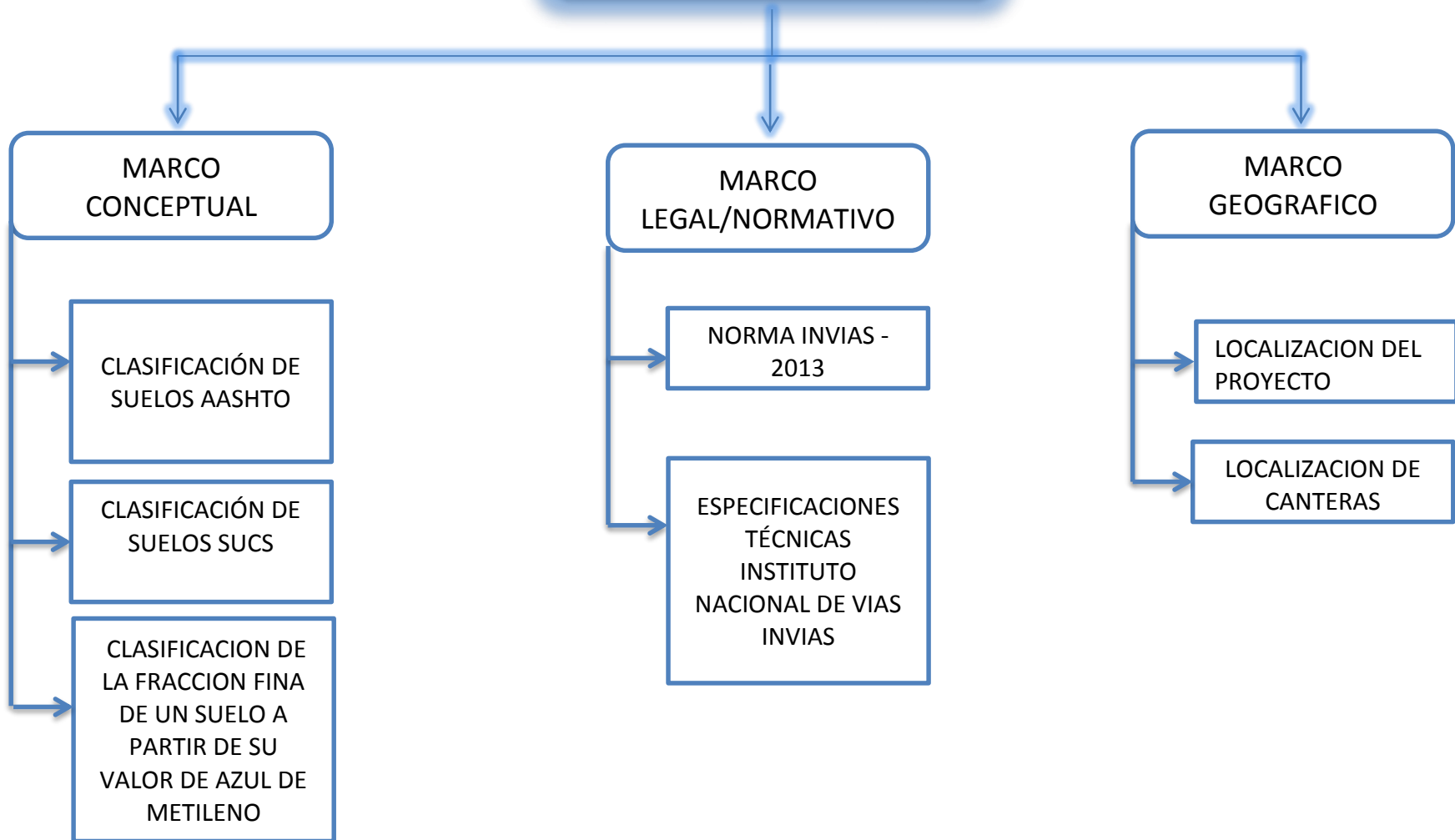
Cada uno de estos marcos, permitirá a la investigación contemplar y desarrollar desde todos los puntos de vista, una investigación clara y objetiva, según normatividad actual, aplicando los procedimientos establecidos y teniendo en cuenta los antecedentes del uso del material en otros proyectos.

En el marco conceptual se encuentran las temáticas relacionadas con las definiciones requeridas de cada uno de los componentes y elementos presentes en el documento. Se incluye la descripción de geológica del material, metodologías de clasificación de los suelos, descripción de las partículas finas desde el punto de vista físico y químico, los diversos usos que brinda en el desarrollo de la infraestructura, entre otros aspectos importantes.

En el marco normativo se presentan y se referencian los procedimientos establecidos en las normas INVIAS 2013 correspondientes al análisis y evaluación de las fracciones de los triturados pétreos sobre los cuales se apoya el presente estudio, adicionalmente se presentan los procedimientos aplicables para la realización de las respectivas clasificaciones en los sistemas AASHTO y S.U.C.S.

En el marco geográfico se describe la trayectoria y los municipios por los cuales transcurre la fuente de material objeto del presente estudio, así mismo la localización de las plantas donde se realiza la transformación de parte de estos agregados pétreos destacando las principales características geográficas y de georreferenciación de las mismas.

# MARCO DE REFERENCIA



## 2.1 MARCO CONCEPTUAL

### 2.1.2 Clasificación de Suelos AASHTO.

Se basa en determinaciones de laboratorio de Granulometría, Limite, Líquido e Índice de Plasticidad.

Es un método realizado principalmente para Obras Viales.  
Restricción para los finos: % malla n° 200 > 35% => Fino  
La evaluación se complementa mediante el IG.

Consideraciones:

- El IG se informa en números enteros y si es negativo se hace igual a 0.
- Permite determinar la calidad relativa de suelos de terraplenes, subrasantes, Sub bases y bases.
- Se clasifica al primer suelo que cumpla las condiciones de izquierda a derecha en la tabla.
- El valor del IG debe ir siempre en paréntesis después del símbolo de grupo.
- Cuando el suelo es NP o el LL no puede ser determinado, el IG es cero.
- Si un suelo es altamente orgánico, se debe clasificar como A- 8 por inspección visual y diferencia en humedades.

Nomenclatura:

Suelos con 35% o menos de finos:

- A - 1 => Gravas y Arenas
- A - 2 => Gravas limosas o arcillosas  
Arenas limosas o arcillosas
- A - 3 => Arenas finas

Suelos con más de 35% de finos:

- A - 4 => Suelos limosos
- A - 5 => Suelos limosos
- A - 6 => Suelos arcillosos
- A - 7 => Suelos arcillosos

**Tabla 1 Clasificación de Suelos método AASHTO.**

Clasif. General	Materiales Granulares ( 35% o menos pasa la malla n° 200 )						Limos y Arcillas ( 35% pasa malla n° 200 )				
Grupos	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Subgrupos	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A-7-5/A-7-6
% que pasa tamiz :											
N° 10	50 máx										
N° 40	30 máx	50 máx	51 mín								
N° 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Caract. Bajo N° 40											
LL				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
IP	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
IG	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Terreno fundación	Excelente		Excelente	Excelente a bueno				Regular a malo			

**El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 5 es menor o igual a ( LL - 30 )  
El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 6 es mayor a ( LL - 30 )**

### 2.1.3 Clasificación de Suelos SUCS.

(Unified Soil Classification System), americano, basado en la propuesta inicial de Casagrande. En la Tabla 1.2 se puede verla citada clasificación, que asigna a cada suelo dos letras según los criterios siguientes:

- Separación entre suelos gruesos (G, S) y finos (M, C, O):

En función de que el porcentaje de partículas gruesas (arenas y gravas, es decir, mayores de 0,074 mm, tamiz 200 ASTM), sea mayor o menor del 50%

- Para los suelos gruesos, separación entre gravas (G) y arenas (S):

En función de que, de la fracción retenida en el tamiz 200, resulte retenida por el tamiz 4 (4,76 mm) más del 50% (G) o menos (S).

- Tanto para gravas (G) como para arenas (S), separación entre suelos gruesos limpios o con finos:

En función del contenido de finos (fracción que pasa por el tamiz 200):

Suelos gruesos limpios (inferior al 5%)  
Suelos gruesos intermedios (entre el 5 y el 12%)  
Suelos gruesos con finos (superior al 12%)

- Para suelos gruesos limpios, separación entre suelos bien graduados (W) o pobremente graduados (P):



En función de que se cumplan o no los dos requisitos de la curva granulométrica indicados en la Tabla 2, se añade el símbolo W, P a la letra GS.

- Para suelos gruesos con finos, separación entre limosos, arcillosos u orgánicos:

En función de las características de plasticidad de la fracción fina (carta de Casagrande), se añade el símbolo C,M,O a la letra G,S (p.ej., GC).

- Para suelos gruesos intermedios (finos entre el 5 y el 12%):

Se les asigna doble símbolo, considerándolos limpios y con finos (p.ej., GW-GC).

- Para suelos finos:

En función de las características de plasticidad (carta de Casagrande), se clasifican como CH, CL, MH, ML, OH, OL

**Tabla 2 Sistema de Clasificación U.S.C.S. – Grano Grueso**

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLOS DEL GRUPO	DENOMINACIÓN TÍPICA	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN				
SUELOS DE GRANO GRUESO Más del 50% es retenido en el tamiz nº 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido por el tamiz nº 4	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas y mezclas grava-arena bien graduadas, con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4 \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$ <p>Cuando no se cumplen simultáneamente las dos condiciones para GW</p>			
			GP	Gravas y mezclas grava-arena mal graduadas, con pocos finos o sin finos				
		GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo		Debajo de la línea A o IP < 4	Los casos intermedios requieren doble símbolo	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla		Por encima de la línea A o IP > 7		
	ARENAS Más del 50 % de la fracción gruesa pasa por el tamiz nº 4	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas con grava bien graduadas, con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6 \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$ <p>Cuando no se cumplen simultáneamente las dos condiciones para SW</p>			
			SP	Arenas y arenas con grava mal graduadas, con pocos finos o sin finos				
		CON	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo		Debajo de la línea A o IP < 4	Los casos intermedios requieren doble símbolo	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		Por encima de la línea A o IP > 7		
		Clasificación basada en el porcentaje de finos que pasan por el tamiz nº 200 (0,080 UNE)						
		Menos del 5%: GW, GP, SW, SP Más del 12%: GM, GC, SM, SC Del 5 al 12%: Casos intermedios que requieren el uso de doble símbolo						

**Tabla 3 Sistema de Clasificación U.S.C.S. – Grano Fino**

SUELOS DE GRANO FINO 5.0% o más pasa por el tamiz nº 200	LIMOS Y ARCILLAS Limite líquido igual o menor que 50	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas	
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
	LIMOS Y ARCILLAS Limite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos con mico o diatomeas, limos elásticos	
		CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media o elevada	
SUELOS DE ESTRUCTURA ORGÁNICA	PT	Turbas, fangos y otros suelos de alto contenido orgánico	Fácilmente identificables por la presencia de raíces, hojas y materia vegetal fibrosa en descomposición, así como su color marrón oscuro ó negro, su olor y su tacto suave y esponjoso	

## 2.2 MARCO LEGAL / NORMATIVO

### 2.2.1 Normas Instituto Nacional de Vías.

Una de las funciones desarrolladas por el Instituto Nacional de Vías INVIAS se encuentra relacionada con la emisión y la constante actualización de las normas y los procedimientos técnicos aplicables en la totalidad etapas de construcción de los proyectos viales de orden nacional, así mismo esta normatividad abarca también todos los procedimientos requeridos para adelantar la inspección y la aprobación de los materiales requeridos para el desarrollo de dichos proyectos de infraestructura, para tal efecto el INVIAS ha desarrollado una amplia serie de documentos técnicos que brindan el soporte y las pautas necesarias para el desarrollo del presente documento.

### 2.2.2 Especificaciones Técnicas Instituto Nacional de Vías INVIAS

El fundamento primordial establecido en el Manual de Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras es el de estandarizar los procedimientos para la toma de muestras y para la elaboración o realización de los ensayos de laboratorio requeridos para el desarrollo de los proyectos de infraestructura vial aplicables a nivel nacional. Los procedimientos descritos en este documento están basados principalmente en las normas internacionales ASTM (American Society for Testing and Materials) las cuales son adaptadas a las características y necesidades de los proyectos desarrollados por el INVIAS con el fin de garantizar calidad y competitividad en cada uno de los componentes o productos presentes en las obras viales.

Para el desarrollo del presente trabajo se aplican las normas que se presentan a continuación con el objeto el uso y significado de cada una de ellas tomando la información directamente del manual de normas y especificaciones INVIAS 2013.

**Tabla 4 Especificación Técnica I.N.V. E-213-13.**

<b>NORMA</b>	<b>INV.E-213-13</b>
<b>DESCRIPCION</b>	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO</b>
<b>OBJETO</b>	Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados grueso y fino de un material, por medio de tamizado.
<b>USO Y SIGNIFICADO</b>	Este método se usa, principalmente, para determinar la granulometría de los materiales propuestos como agregados o que se están usando como tales. Los resultados se emplean para determinar el cumplimiento de las especificaciones en relación con la distribución de partículas y para suministrar los datos necesarios para el control de la producción de los agregados y de las mezclas que los contengan. Los datos pueden servir, también, para el estudio de relaciones referentes a la porosidad y al empaquetamiento entre partículas. La determinación exacta del material que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (No. 200) no se puede lograr mediante este ensayo.

**Tabla 5 Especificación Técnica I.N.V. E-123 - 13.**

<b>NORMA</b>	<b>INV.E-123-13</b>
<b>DESCRIPCION</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS</b>
<b>OBJETO</b>	Esta norma se refiere a la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de las partículas de un suelo. la distribución de las partículas mayores de 75 $\mu\text{m}$ (retenidas en el tamiz No. 200) se determina por tamizado, mientras que la distribución de los tamaños de las partículas menores de 75 $\mu\text{m}$ se determina por un proceso de sedimentación empleando el hidrómetro.

**Tabla 6 Especificación Técnica I.N.V. E-214 -13.**

<b>NORMA</b>	<b>INV.E-214-13</b>
<b>DESCRIPCION</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 <math>\mu\text{m}</math> (No. 200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO</b>
<b>OBJETO</b>	Esta norma describe el procedimiento para determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (No. 200) en un agregado. Durante el ensayo, se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (No. 200), tales como limo, arcilla, polvo de los agregados y materiales solubles en el agua. se describen dos procedimientos, uno que utiliza solamente agua en a operación de lavado, y otro que emplea un agente humectante para favorecer el desprendimiento del material más fino que 75 $\mu\text{m}$ (No. 200), del material grueso.

**Tabla 7 Especificación Técnica I.N.V. E-125.**

<b>NORMA</b>	<b>INV.E-125-13</b>
<b>DESCRIPCION</b>	<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS</b>
<b>OBJETO</b>	<p>Esta norma se refiere a la determinación del límite líquido de los suelos. Se presentan dos métodos para preparar las muestras de prueba: Por vía húmeda y por vía seca. La norma presenta dos métodos para determinar el límite líquido: el Método A, que consiste en un ensayo de varios puntos y el Método B, consistente en un ensayo de un solo punto.</p> <p>El método descrito en esta norma se debe aplicar únicamente sobre la porción de suelo que pasa el tamiz de 425 <math>\mu\text{m}</math> (No. 40). Por lo tanto, se deberá considerar la contribución relativa de esta fracción de suelo a las propiedades de la muestra como conjunto, cuando se usen estos ensayos para evaluar las propiedades de un suelo. A los fines de comparar valores medidos o calculados con límites especificados, el valor medido o calculado se deberá redondear al dígito significativo más próximo al del límite especificado.</p>
<b>USO Y SIGNIFICADO</b>	<p>La determinación del límite líquido interviene en varios sistemas de clasificación de suelos, dado que contribuye en la caracterización de la fracción fina de los suelos. El límite líquido, solo o en conjunto con el límite plástico y el índice de plasticidad, se usa con otras propiedades del suelo para establecer correlaciones sobre su comportamiento ingenieril, tales como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactibilidad, los procesos de expansión y contracción y la resistencia al corte. Los límites líquido y plástico de un suelo, junto con su contenido de agua, se usan para calcular su consistencia relativa o índice de liquidez. Además, el índice de plasticidad, junto con el porcentaje de partículas menores de 2 <math>\mu\text{m}</math>, brinda una idea aceptable de la actividad de la fracción fina de un suelo. El límite líquido de un suelo que contiene cantidades apreciables de materia orgánica disminuye dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes del ensayo. La comparación de los valores de límite líquido de una muestra, antes y después de secada al horno, se puede emplear como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica del suelo.</p>

**Tabla 8 Especificación Técnica I.N.V. E-126.**

<b>NORMA</b>	<b>INV.E-126-13</b>
<b>DESCRIPCION</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS</b>
<b>OBJETO</b>	<p>Esta norma de ensayo se refiere a la determinación del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos. El método descrito en esta norma se debe aplicar únicamente sobre la porción de suelo que pasa el tamiz de 425 <math>\mu\text{m}</math> (No. 40). Por lo tanto, se deberá considerar la contribución relativa de esta fracción de suelo en las propiedades de la muestra como conjunto, cuando se usen los valores de límite plástico e índice de plasticidad para evaluar las propiedades de un suelo. El ensayo del límite plástico se realiza sobre el mismo material preparado para la determinación del límite líquido. El secado previo del material en horno, estufa o al aire, puede cambiar (generalmente disminuir) el límite plástico de un suelo con material orgánico, aunque este cambio puede ser poco importante.</p>
<b>USO Y SIGNIFICADO</b>	<p>La determinación del límite plástico interviene en varios sistemas de clasificación de suelos, dado que contribuye en la caracterización de la fracción fina de ellos. El límite plástico, solo o en conjunto con el límite líquido y el índice de plasticidad, se usa con otras propiedades del suelo para establecer correlaciones sobre su comportamiento ingenieril, tales como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactibilidad, los procesos de expansión y contracción y la resistencia al corte. Los límites líquido y plástico de un suelo, junto con su contenido de agua, se usan para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez. Además, el índice de plasticidad, junto con el porcentaje de partículas menores de 2 <math>\mu\text{m}</math>, permite estimar la actividad de la fracción fina de un suelo.</p>

**Tabla 9 Especificación Técnica I.N.V. E-133 - 13.**

<b>NORMA</b>	<b>INV.E-133-13</b>
<b>DESCRIPCION</b>	<b>EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS</b>
<b>OBJETO</b>	Este ensayo tiene por objeto determinar, bajo condiciones normalizadas, las proporciones relativas de polvo y material de apariencia arcillosa o finos plásticos presentes en suelos o agregados finos de tamaño inferior a 4.75 mm. El término "equivalente de arena" expresa el concepto de que la mayoría de los suelos granulares y los agregados finos son mezclas de arena y partículas gruesas deseables, y de polvo y finos arcillosos o plásticos indeseables.
<b>USO Y SIGNIFICADO</b>	Este ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y carácter del material arcilloso o similar, presente en una muestra de suelo o de agregado fino. Se puede especificar un valor mínimo del equivalente de arena, con el fin de limitar la cantidad de finos nocivos en un agregado. Este método de ensayo permite determinar rápidamente en el campo, variaciones de calidad de los agregados durante su producción o colocación.

**Tabla 10 Especificación Técnica I.N.V. E-235 - 13.**

<b>NORMA</b>	<b>INV.E-235-13</b>
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS</b>
<b>OBJETO</b>	Esta norma indica el procedimiento para determinar el valor de azul de metileno de la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4) de la mezcla total de agregados.
<b>USO Y SIGNIFICADO</b>	El valor de azul de metileno determinado mediante esta norma se puede emplear para estimar la cantidad de arcilla nociva presente en un agregado. Un valor de azul significativo indica una gran cantidad de arcilla presente en la muestra.

## **2.3 MARCO GEOGRAFICO**

### **2.3.1 Ubicación del proyecto**

Río Guayuriba

Nace en la Cordillera Oriental, el material geológico está conformado por lutitas, pizarras y esquistos cloríticos; estas características unidas a los procesos actuales de escurrimiento difuso, movimientos en masa y desprendimiento de rocas provocan una mayor degradación que la convierte en una cuenca erosionada. Las características hidrométricas observadas durante un año dan los siguientes resultados:

caudal máximo 731 m<sup>3</sup>/seg, mínimo 30 m<sup>3</sup>/seg y medio 150 m<sup>3</sup>/seg.

El Río Guayuriba sirve de límite con Villavicencio pasando por Loma de San Juan, Loma del Pañuelo, el Rosario, Las Margaritas, San Cayetano, y San José de las Palomas principalmente. Este río es el más importante del sector y se forma de dos afluentes principales, el Río Blanco que nace en el cerro de Paila y el Río Negro que nace en el páramo Chamizal. El río confluye a 6 Km. Aguas abajo de la población Rincón de Pajure.

## DESDE EL ANALISIS PETROGRAFICO.

La muestra está constituida por agregados de origen metamórfico y sedimentario.

Dentro de los metamórficos sobresalen agregados con evidencia de cataclasis como las metareniscas y cataclasitas con variaciones en la composición. También sobresalen las cuarcitas y el cuarzo policristalino.

Dentro de los sedimentarios abundan areniscas compuestas principalmente por cuarzos de tamaño de grano fino a medio, a veces con matriz lodosa y/o ferrosa. También se encuentran limolitas con cemento silíceo, arenosas a arcillosas.

En algunos tamices también hay cantidades de cherts

**.Tabla 11 Composición de la muestra**

CONSTITUYENTES	Porcentaje de Partículas						
	T-1/2	T-3/8	T-No4	T-No10	T-No40	T-No80	T-No200
ÍGNEOS	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
SEDIMENTARIOS	32,3	19,2	29,2	35,2	24,2	13,2	5,8
METAMÓRFICOS	67,7	80,0	70,8	61,9	59,2	42,1	20,7
MONOMINERALES	0,0	0,0	0,0	1,0	16,7	44,1	71,9
OTROS	0,0	0,8	0,0	1,0	0,0	0,7	1,7
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

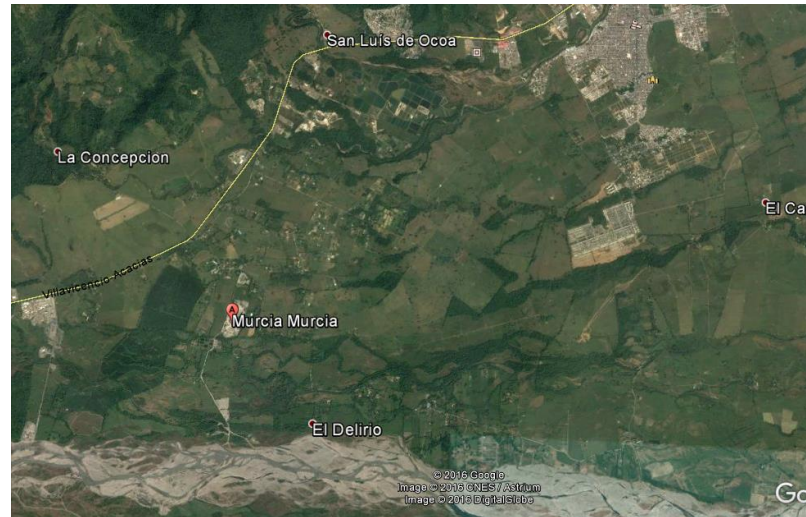
### Porosidad y Fracturación

En términos generales, la porosidad es de tipo primaria y secundaria. En el primer caso se produce naturalmente por el empaquetamiento de los granos, mientras que en el segundo se relaciona con el fenómeno de disolución.

### 2.3.2 Ubicación de Canteras

#### PLANTA MURCIA & MURCIA S.A.

**Figura 1 Ubicación geográfica Planta Murcia & Murcia S.A.**



La extracción del material se realiza del Rio Guayuriba, mina las mercedes, vía Villavicencio a acacias km 1, vereda las mercedes en el departamento del meta.

Murcia Murcia S.A es una empresa con un conjunto global de operaciones enfocadas en cuatro líneas de proceso así:

- Construcción de obras civiles e infraestructura vial
- Extracción, procesamiento y comercialización de agregados pétreos,
- Producción de mezclas asfálticas y
- Transporte especializado.

Procesos que desarrolla bajo altos estándares de calidad, seguridad y servicio para la máxima satisfacción de los clientes con criterios definidos de productividad, tecnología, cumplimiento, rentabilidad, responsabilidad social y ambiental enfocados a causar impactos positivos en sus colaboradores, sus clientes y el entorno social de la compañía.

Es una Organización del orden nacional, que presta servicios de ingeniería en los campos de la ejecución de proyectos de infraestructura vial, producción y comercialización de agregados pétreos, producción y suministro de mezclas asfálticas en caliente, y transporte especializado de carga, con altos estándares de calidad y servicio, bajo principios éticos, de honestidad, respeto y responsabilidad, y criterios de productividad y cumplimiento, Siempre en busca de lograr la máxima satisfacción del cliente interno y externo, una rentabilidad justa y el desarrollo de su talento humano, bajo el enfoque de responsabilidad y conciencia social y ambiental.

Murcia Murcia S.A. trabaja para posicionarse como una empresa reconocida y líder en el campo de la ejecución de proyectos y obras de ingeniería, trabajando bajo un concepto claro de calidad en la producción y manejo de agregados, la producción de mezclas asfáltica y el transporte especializado en Colombia, permitiéndoles a los constructores altos índices de calidad, aportando así al desarrollo, crecimiento y buen desempeño en la industria de la construcción.

Murcia Murcia S.A. coloca a disposición de sus clientes la mejor tecnología en la producción de agregados pétreos, con equipos de última generación, alta capacidad de producción, seguimiento y control, y el excelente desempeño de operadores certificados que garantizan la producción de materiales 100% ajustados a las normas y especificaciones vigentes.

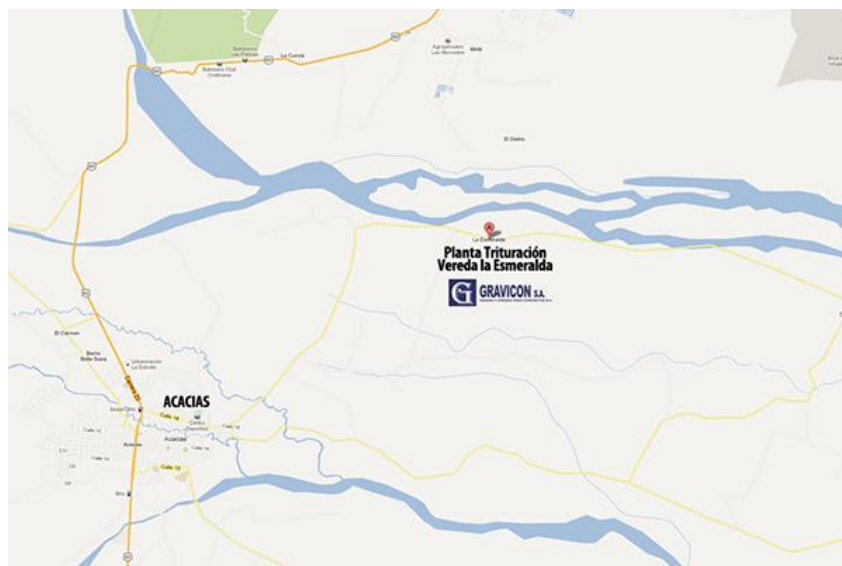
Las fuentes de materiales son seleccionadas bajo estudios completos y detallados, con objeto a asegurar el cumplimiento de las características específicas e intrínsecas de los materiales, en apoyo de nuestros procesos operativos normalizados de tal forma que se brinda garantía de cumplimiento y la confianza a nuestros clientes de un producto que cumple a plenitud todas las especificaciones de calidad requeridas

#### Productos

- Arena trituración secundaria
- Arena trituración terciaria
- Gravilla ½", ¾" y 1 ½"
- Tamizado
- Base y sub-base granular
- Gravilla ½" , ¾" y 1" 100% Manufacturado

#### PLANTA GRAVICON S.A.

**Figura 2 Ubicación geográfica Planta Gravicon S.A.**





Oficina principal Cra. 32 #38-70, Villavicencio, Meta, Colombia, Centro de Acopio, planta de trituración – vereda la Esmeralda

**Gravicon S.A.**, fue fundada en el año 1978 en la ciudad de Villavicencio, con el objeto de producir y comercializar Agregados Pétreos tales como arena y gravilla a los constructores de la región. La empresa, dentro de su largo proceso de consolidación en el departamento del Meta ha tenido una transformación tanto en su Planta de Trituración la cual cuenta hoy con una mayor capacidad como también en sus equipos y personal, los cuales están capacitados y calificados para cumplir con eficiencia y calidad a todos sus clientes a los que se les considera como prioridad en la compañía.

**Gravas y Arenas para Concreto S.A.**, está certificada con la normal ISO 9001 versión 2008, esta certificación es un respaldo y un compromiso con la calidad en todos los productos ofrecidos y todos los procesos internos de la compañía.

## MISIÓN

**GRAVAS Y ARENAS PARA CONCRETO S.A., GRAVICON S.A.** tiene como objeto la explotación, producción y comercialización de agregados pétreos; con los más altos estándares de calidad y seguridad. Para lograrlo adelanta sus actividades en condiciones de eficiencia, responsabilidad social y empresarial, con el fin de garantizar en forma equilibrada su propio desarrollo en beneficio de la empresa y sus trabajadores.

## VISIÓN

**GRAVAS Y ARENAS PARA CONCRETO S.A., GRAVICON S.A.** en el 2020 será una empresa líder en la explotación, producción y comercialización de agregados pétreos, empleando la tecnología existente para la optimización de la productividad y la competitividad en el mercado de la minería a nivel regional y nacional. Gozará de plena autonomía en su desarrollo administrativo, con una relación laboral de respeto para con sus trabajadores, en un ambiente de paz y tranquilidad laboral..

## LICENCIAS

La empresa Gravicón S.A. cumple con todos los requisitos legales para el desarrollo de sus actividades de explotación y producción como lo es:

**CERTIFICADO DE REGISTRO MINERO:** Número 13584 expedido por la agencia nacional de minería en julio 12 de 1990 y con fecha de vigencia a septiembre 12 de 2024.

**LICENCIA AMBIENTAL:** Número 2.6.04 -166 expedida por la empresa Cormacarena el día 12 de mayo de 2004 con la misma vigencia del certificado de registro minero

### 3 METODOLOGÍA

Para el cumplimiento del proyecto, se desarrollaron las fases que se describen en el siguiente diagrama; como primera medida se realizaran inspecciones para el reconocimiento del área de estudio, recolección de información, entre otros aspectos.

Una vez obtenida la información preliminar se determinaran los ensayos de característica de limpieza que intervienen para el cumplimiento del objeto del proyecto, tales como, Límites , Índice de plasticidad, equivalente de arena, además de esto análisis granulométrico, gravedad específica, Valor de Azul de Metileno, Análisis petrográfico, basados en las Especificaciones Invias 2016, el cual son los parámetros establecidos para determinar la calidad del material, dando mayor confiabilidad al constructor y estabilidad en la estructura de pavimentos.

Por último se realizará una clasificación del agregado por metodologías AASHTO y USCS para proceder con la caracterización y determinar el porcentaje de arcillas que contiene el agregado fino, y de esta manera tomar factores de seguridad y confiabilidad del uso del agregado pétreo en la composición de las capas granulares y de rodadura de un pavimento, especialmente en la ciudad de Villavicencio y los municipios aledaños que participan en la utilización de esta fuente aluvial para el desarrollo de la infraestructura vial en el Departamento del Meta.



### 3.1 SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE MATERIALES

Se tomó como fuente el material de arrastre del Rio Guayuriba, por ser éste uno de los principales afluentes en el desarrollo de la construcción, por lo cual se tomaron muestras de dos de las plantas con mayor trayectoria en el sector.

Las muestras tomadas corresponden a material granular que clasifica como Sub-base según la especificación del instituto nacional de vías.

**Figura 3 Fuente de material planta Murcia & Murcia**



Para efectos de la especificación, se denomina Sub-base granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o estabilizada, en todo tipo de pavimento.

**Figura 4 Fuente de material planta Gravicon S.A.**



### **3.2 RECOLECCION DE MUESTRAS, REALIZACIÓN DE ENSAYOS Y CARACTERIZACIÓN**

El día 24 de Agosto 2016 se realizó la recolección de muestras en las Plantas de Murcia & Murcia (65 kg) y Planta Gravicon S.A.(65 kg) para la toma de ensayos de Características de Limpieza para Subbase Granular según ARTÍCULO 320 – 13 Especificaciones Invias, Análisis Granulométrico, Valor de Azul de metileno; Los Laboratorios fueron realizados por la firma INGECOL SAS, para los cuales se obtuvieron los resultados presentes en los anexos.

## 4 RESULTADOS

A continuación, se relacionan los valores obtenidos para cada muestra en estudio y los diversos ensayos realizados.

### 4.1 RESULTADOS DE LABORATORIO

**Tabla 12** Resultados de ensayos de laboratorio para las diferentes fuentes de material.

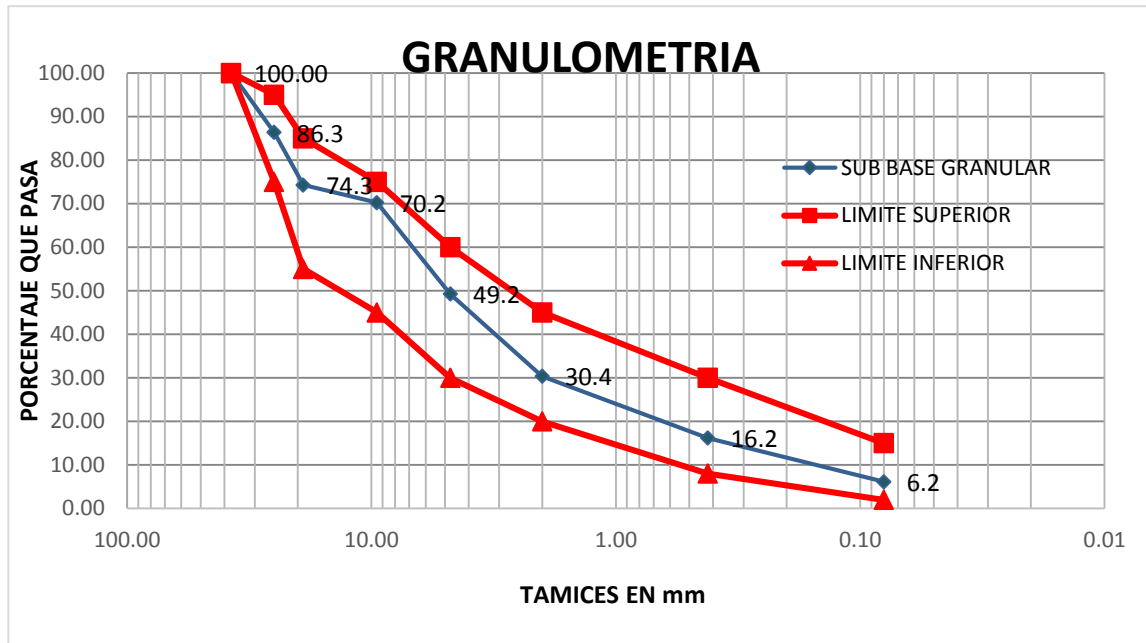
NORMA INV - 2013	Equivalente de arena		Limite Líquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)	Peso Específico y absorción de agregados																Valor Azul de Metileno		
	INV-E-133-13		INV-E-125-13	INV-E-126-13	INV-E-126-13	INV-E-222-13								INV-E-235-13										
							Agregados Finos				Agregados Gruesos													
							GS BULK CORREGIDO	GS BULK SSS	GS APARENTE CORREGIDO	ABSORCION	GS BULK CORREGIDO	GS APARENTE CORREGIDO	GS BULK SSS	ABSORCION										
Murcia & Murcia S.A.	1	62	61	0	0	0	2650	2650	2661	2664	2679	2687	0.40	0.51	2635	2635	2690	2690	2655	2655	0.78	0.78	7.5	7.4
	2	60		0	0	0	2654		2667		2687		0.46		2631		2689		2653		0.81		7.0	
	3	61		0	0	0	2646		2664		2694		0.66		2638		2692		2658		0.76		7.8	
Gravicon S.A.	1	63	62	0	0	0	2658	2660	2682	2683	2724	2723	0.91	0.87	2639	2641	2663	2663	2705	2701	0.92	0.84	7.5	7.4
	2	62		0	0	0	2662		2685		2726		0.89		2639		2660		2695		0.78		7.5	
	3	60		0	0	0	2660		2681		2718		0.81		2645		2667		2704		0.82		7.3	

En la tabla 1, se relacionan los resultados de los ensayos realizados a los materiales de las fuentes de la planta Murcia Murcia y la planta Gravicon, los cuales se validaran con las especificaciones técnicas del Invias para verificar la calidad del material como material de subbase granular.

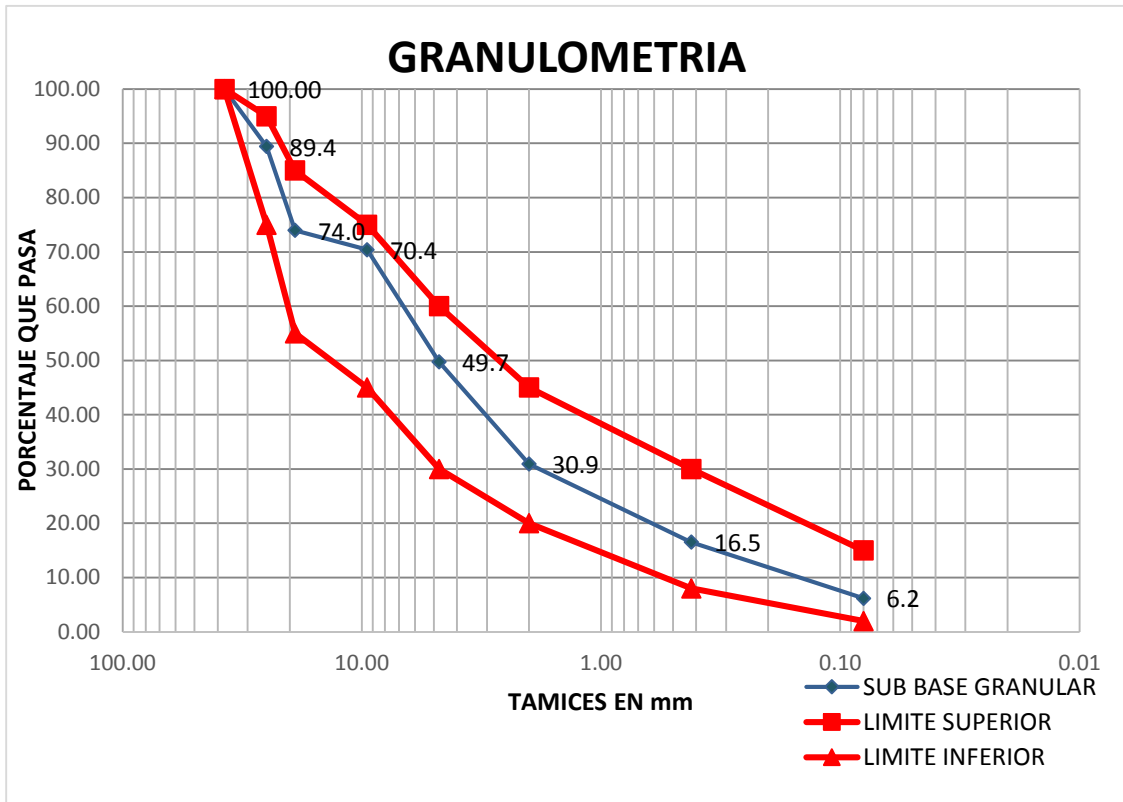
## 4.2 GRANULOMETRIA

A continuación, se presenta las curvas de gradación de las diferentes fuentes de materiales, a las cuales se les realizo el chequeo del cumplimiento de las especificaciones:

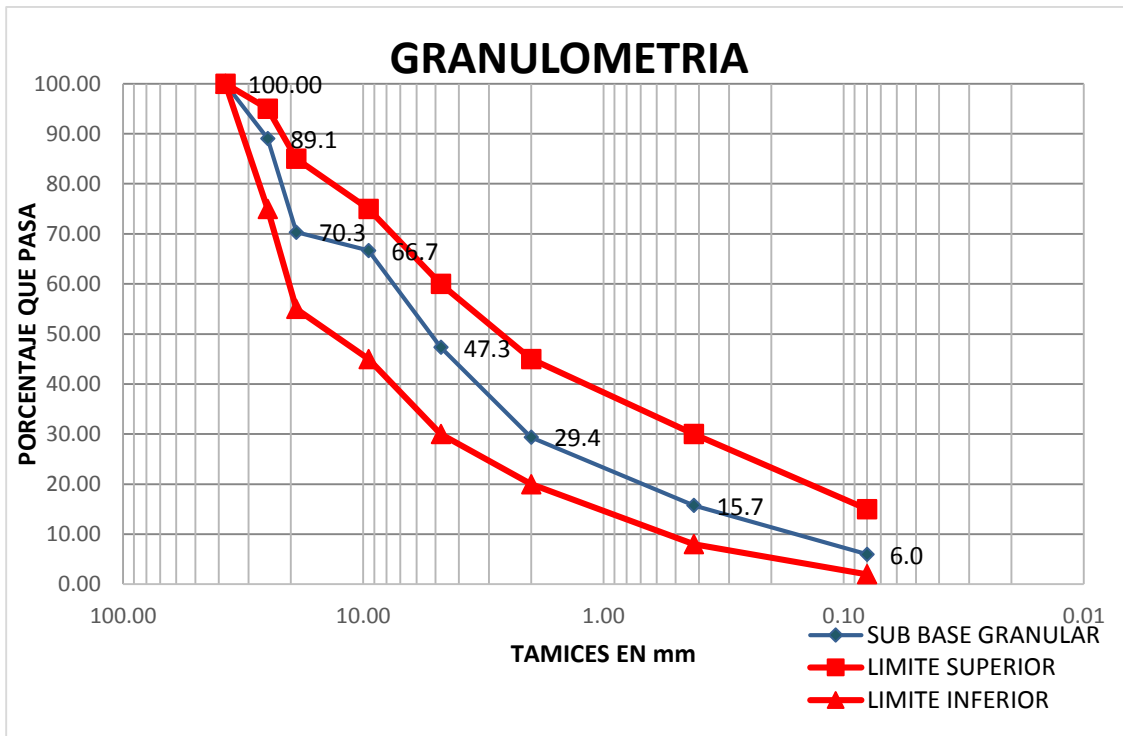
**Figura 5** Gradación de Sub-base fuente de material N°1- Muestra 1



**Figura 6** Gradación de Sub-base fuente de material N°1- Muestra 3



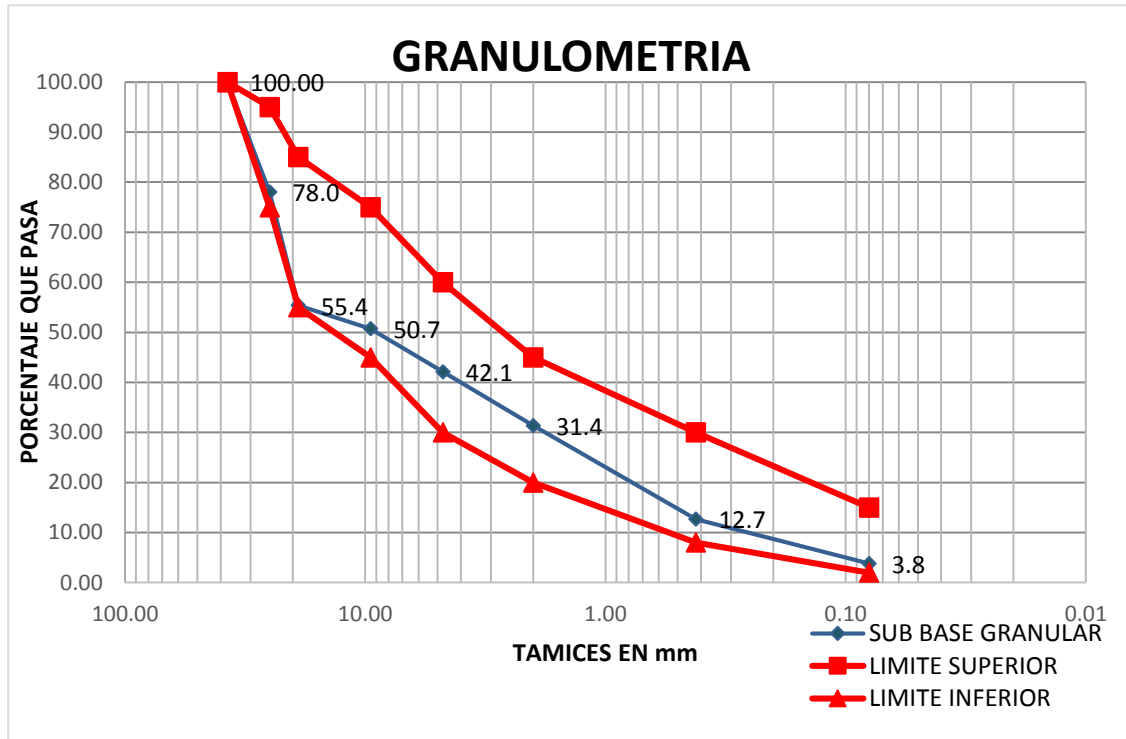
**Figura 7** Gradación de Sub-base fuente de material N°1- Muestra 4



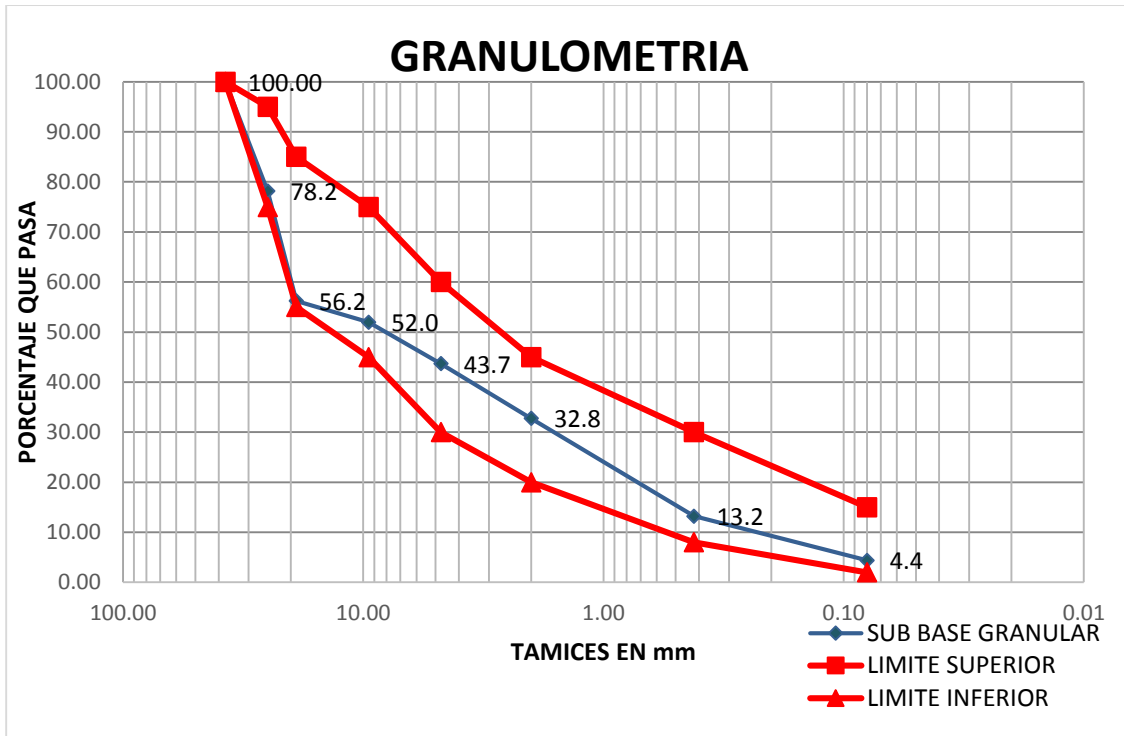


Según la clasificación realizada para la planta de Murcia & Murcia el material presenta una buena gradación “partículas heterogéneas”

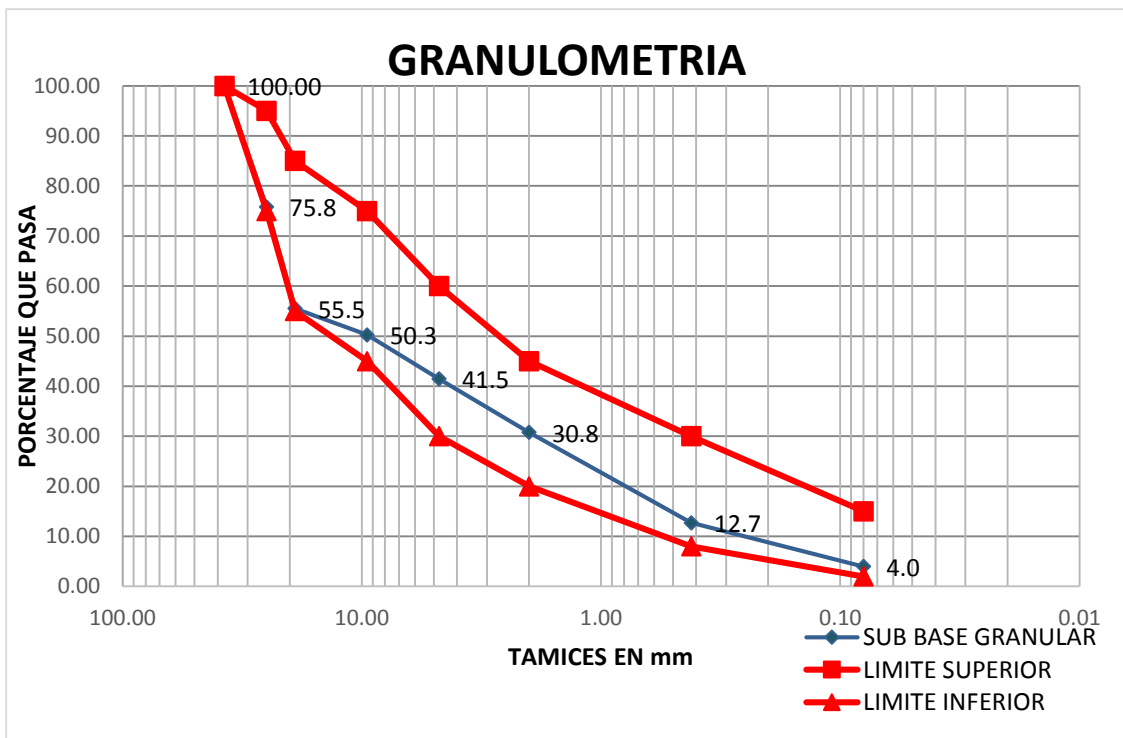
**Figura 8** Gradación de Sub-base fuente de material N°2- Muestra 1



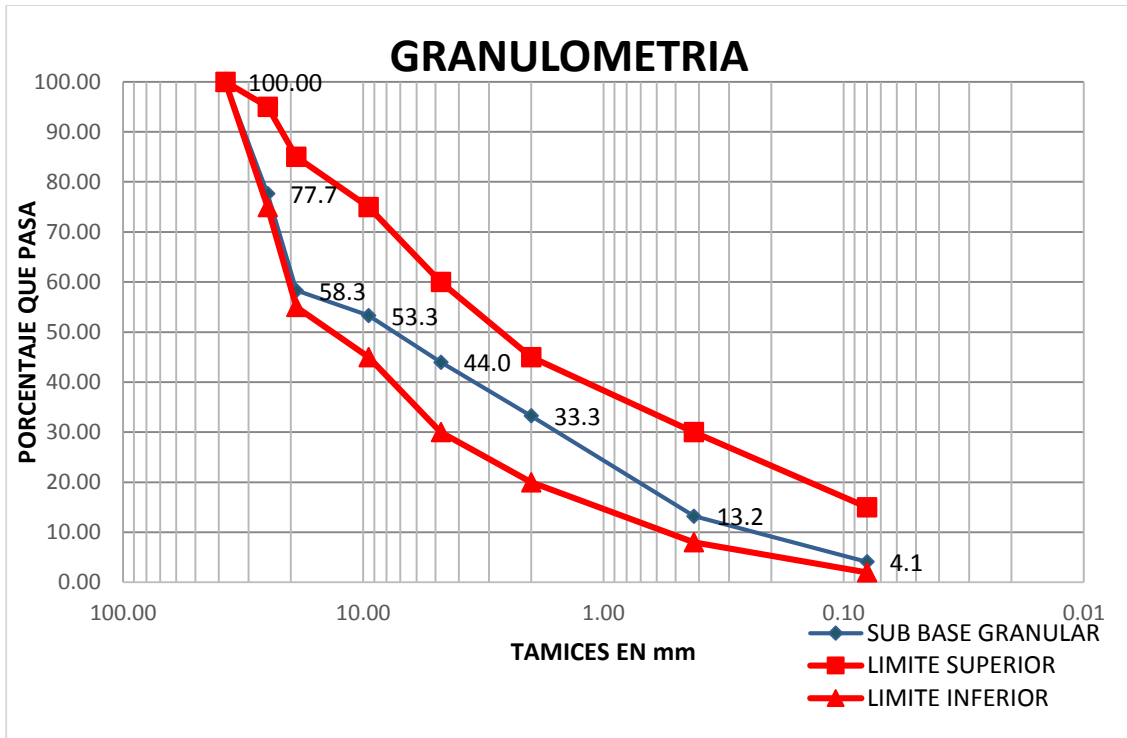
**Figura 9** Gradación de Sub-base fuente de material N°2- Muestra 2



**Figura 10** Gradación de Sub-base fuente de material N°2- Muestra 3

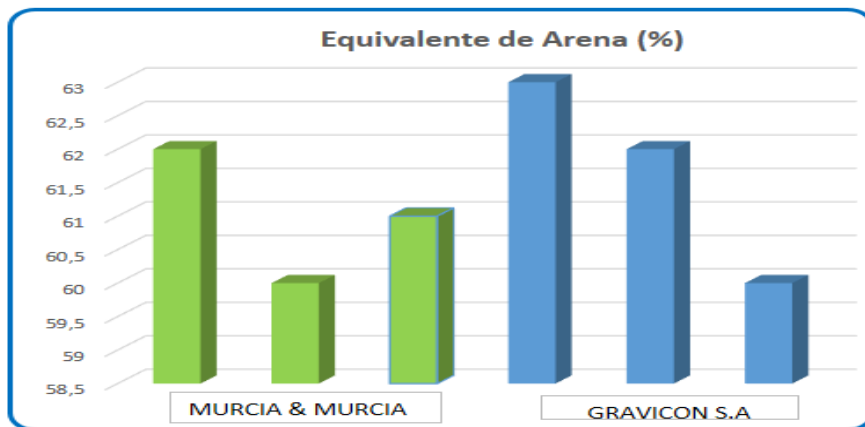


**Figura 11** Gradación de Sub-base fuente de material N°2- Muestra 4



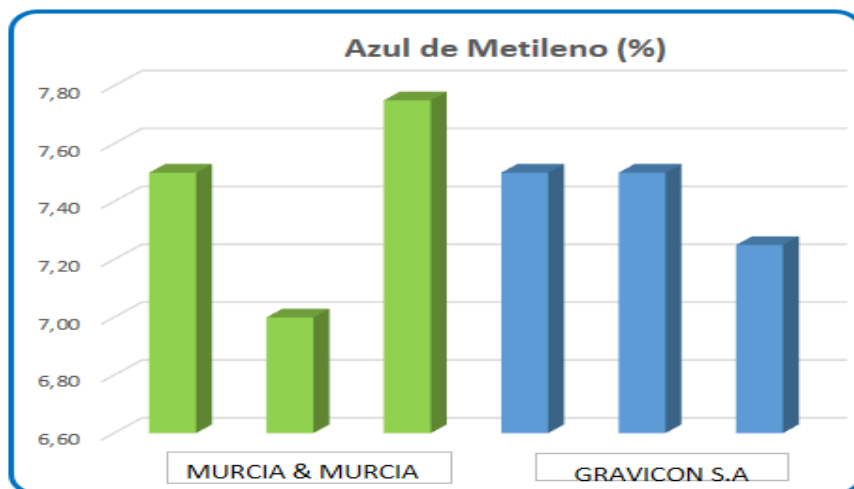
Según la clasificación realizada para La planta de Gravicon S.A. presento mala gradación, las partículas son homogéneas en este caso.

**Figura 12 Resultados del ensayo equivalente de arena**



Material Sub-base – Clase A, B, C.  
 ESP. INV E-133-13  
 Tolerancia Mínimo 25%

**Figura 13 Resultados del ensayo azul de metileno**



Material Sub-base – Clase A, B, C.  
 ESP. INV E-235-13  
 Tolerancia Max. N/A

#### 4.3 CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS

##### PLANTA MURCIA & MURCIA

Clasificación:

AASHTO: A1-a

Fragmentos de roca grava y arena.

S.U.C.S: GW - GM

Grava bien graduada con limo con arena

Equivalente de arena = 61%

Azul de metileno = 7.4%

##### Planta GRAVICON S.A

Clasificación:

AASHTO: A1-a

Fragmentos de roca grava y arena.

S.U.C.S: GP

Grava mal graduada con arena

Equivalente de arena = 62%

Azul de metileno = 7.4%

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Según la clasificación realizada para la planta de Murcia & Murcia el material presenta una buena gradación “partículas heterogéneas” y el material de la planta de Gravicon S.A. presenta mala gradación, las partículas son homogéneas en este caso.
- Las características de limpieza del material de arrastre del Rio Guayuriba determinan que es un material no plástico por lo cual los límites de consistencia están en el orden de cero, no presenta cohesión entre las partículas finas, el material es permeable y es característico en estado compacto por presentar una buena resistencia al corte.
- De acuerdo al equivalente de arena promedio el cual es del 61% - 62%, se puede deducir que el material de arrastre presenta un bajo contenido de finos, lo que nos garantiza una buena resistencia del material y se considera que la limpieza del agregado es aceptable para el uso en la estructura del pavimento como sub-base.
- Para efectos de esta investigación se realiza el ensayo de azul de metileno, sin embargo la especificación del INVIAS - 2013 no solicita este ensayo en materiales de subbase, además por los valores obtenidos en el equivalente de arena no es necesario efectuar este ensayo y estaría cumpliendo como agregado fino para base granular, concreto asfáltico e hidráulico.
- Después de realizar la clasificación de los suelos por el método S.U.C.S y AASHTO se determina que no es posible caracterizar la porción fina de los granulares del Rio Guayuriba de acuerdo a la norma INVE 182-13, teniendo en cuenta su bajo porcentaje en el pasa tamiz No. 200 (75µm) y por ser un material no plástico.

### DESDE EL ANALISIS PETROGRAFICO.

- No se encuentran porcentajes significativos de partículas que pudieran romperse con facilidad durante la compactación o después bajo la acción del tráfico.
- En general las rocas que componen el agregado son compactas y muy poco porosas.
- Los índices de alteración considerados para este material son cercanos al 44% del total de la muestra.
- Con base en el análisis microscópico mediante sección delgada, se pudo detallar la composición interna encontrando características que los hacen potencialmente reactivos o dañinos, como es el caso de los cherts, limolitas silíceas, cuarcitas, metareniscas, cataclasitas, cuarzo ondulado y cuarzo policristalino, representando el 79% en la muestra.

- El agregado no se debería utilizar en concretos que han de estar expuestos al agua de mar u otros ambientes en los cuales hay álcalis disponibles de fuentes externas que pudieran ingresar al concreto en forma de solución.
- Prohibir el uso de agua proveniente de suelos alcalinos como agua de mezclado, y evitar la adición de cloruro de sodio o potasio.
- La muestra corresponde a material de composición ácida 92%, se plantea que los agregados analizados desde el punto de vista químico-mineralógico tendrán en general, un buen comportamiento de adherencia con asfaltos de naturaleza catiónica y un mal comportamiento con los de naturaleza aniónica.
- En cuanto a la conveniencia de estos agregados para ser empleados en mezclas asfálticas o en concreto hidráulico, se debe tener en cuenta que en general un agregado debe satisfacer los requisitos de calidad que garanticen un adecuado comportamiento de las estructura, entre los que se encuentran una resistencia mecánica, una plasticidad y una granulometría adecuada, analizándose conjuntamente las conclusiones extraídas de otros ensayos, para así evaluar la conveniencia de su uso de estos agregados.

## BIBLIOGRAFÍA

INVÍAS. (2014, 15 de agosto). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras. Recuperado de <http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1/139-documento-tecnicos/1988-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-y-normas-de-ensayo-para-materiales-de-carreteras>

Mena, M., Mican, D., & García, D., (2007). Correlación de Resultados Entre el Ensayo Equivalente de Arena y Azul de Metileno (Método de la Mancha) en Materiales Granulares. Universidad de la Salle, Bogotá D.C., Colombia.

Introducción a la geotecnia: tipos y propiedades generales de los suelos., © Grupo Geotecnia. Universidad de Cantabria. Recuperado de <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/geotecnia-i/materiales-de-clase/capitulo1.pdf>

Recuperado de [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/03\\_clases\\_catedra/clases\\_catedra\\_ms1/05\\_terzaghi\\_3.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms1/05_terzaghi_3.pdf)

Dante, Bosch .Unidad iv unidad iv identificación y clasificación de suelos geotecnia .Recuperado de <http://ing.unne.edu.ar/pub/Geotecnia/2k8-04-10/u-iv-b.pdf>

Alcaldía municipal – secretaria de planeación y desarrollo. Plan Básico de ordenamiento territorial- Municipio de acacias. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/330815425/Diagnostico-Biof-Sico>

Murcia & Murcia S.A .Recuperado de <http://murcia.com.co/index.html>

Gravincon S.A Recuperado de <http://www.gravincon.com.co/compania>

Suarez Diaz, Jaime . Propiedades de los materiales de un suelo . Recuperado de <https://es.scribd.com/document/325085164/369-2-propiedades-materiales-desuelo-pdf>

García Coronado, Octavio. Mena Castellanos, María Fernanda.Micán Bacca, Didier. García Puerto. Diego. A (2007) Enero-Junio .Correlación de Resultados Entre el Ensayo Equivalente de Arena y Azul de Metileno (Método de la Mancha) en Materiales Granulares .Recuperado de <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/viewFile/1966/1832>

UNAD. LECCIÓN 7. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO (ESTRUCTURA, TEXTURA, COLOR, DENSIDAD Y POROSIDAD) .Recuperado de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin\\_7\\_propiedades\\_fisicas\\_del\\_suelo\\_estructura\\_textura\\_color\\_densidad\\_y\\_porosidad.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin_7_propiedades_fisicas_del_suelo_estructura_textura_color_densidad_y_porosidad.html)

VASQUEZ, Junior .4.-Equivalente de Arena. Recuperado de [http://www.academia.edu/16790156/4.-Equivalente\\_de\\_Arena](http://www.academia.edu/16790156/4.-Equivalente_de_Arena)

Sánchez sabogal, Fernando. Módulo 7 Materiales para base y subbase. Recuperado de [http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%207.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf)

De la Espriella, Ricardo. Cortés Ricardo. A (1985) Observaciones sobre el cuaternario en el valle del Rio Negro-Guayuriba y Piedemonte Llanero al Oriente de Bogota. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/31369/1/30534-110543-1-PB.pdf>

Normas Apa 2016 –Edición 6. A.(2016). Recuperado de <http://normasapa.net/normas-apa-2016/>

Tejedor Bayona, José William, Lozada Murcia-Héctor Manuel. Valbuena Mojica. Héctor Julio. A (2015) Recuperado de [http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2978/4/TG\\_H%C3%89CTOR%20JULIO%20VALBUENA%20MOJICA.pdf](http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2978/4/TG_H%C3%89CTOR%20JULIO%20VALBUENA%20MOJICA.pdf)

Cruz Velasco, Lucio Gerardo. Clasificación de suelos –Universidad del Cauca .Recuperado a [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Geotecnia/profesor\\_lucio\\_cruz/Curso%20Mec%20EInica%20de%20Suelos%20I/Mecanica%20de%20Suelos%20I%20ESLAGE%20\(28\\_29\\_30\).pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Geotecnia/profesor_lucio_cruz/Curso%20Mec%20EInica%20de%20Suelos%20I/Mecanica%20de%20Suelos%20I%20ESLAGE%20(28_29_30).pdf)

Real Academia Española. A (2016). Recuperado a <http://www.rae.es/>

Huertas Rosales, David. A (2013). Descripción y Clasificación del Suelo. Recuperado de [http://www.academia.edu/9246246/Clasificacion\\_de\\_suelos](http://www.academia.edu/9246246/Clasificacion_de_suelos)

Bañón Blázquez, Luis. Clasificación de Suelos. Recuperado de [https://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/02010103.pdf](https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02010103.pdf)